ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΧΑΛΚΟΥ

5. *Ηφαιστειογενή*

   π.χ. Κύπρου, Kuroko (Ιαπωνία)
   13% της παγκόσμιας παραγωγής χαλκού.
   18 εκ. τον. Cu + Pb + Zn.
   0,8 – 2% Cu.
   Ιαπωνία με 1% παγκόσμιας παραγωγής.
   Ουράλια 40% Ρωσικής παραγωγής.

6. *Χημικής – Βιοχημικής ιζηματογένεσης*

   π.χ. Mansfeld (Γερμανία), Kupferschiefer, Πολωνία, Γερμανία, Βέλγιο , Γαλλία, Ισπανία, Αλγερία
   23% παγκόσμιας παραγωγής.
   3 – 5% Cu, Co δευτερεύων.
   Αφρική (Ζαϊρ – Ζάμπια, κλπ.)
   Ζώνη μήκους 800 Km, ≈ 16% παγκόσμιας παραγω-γής.

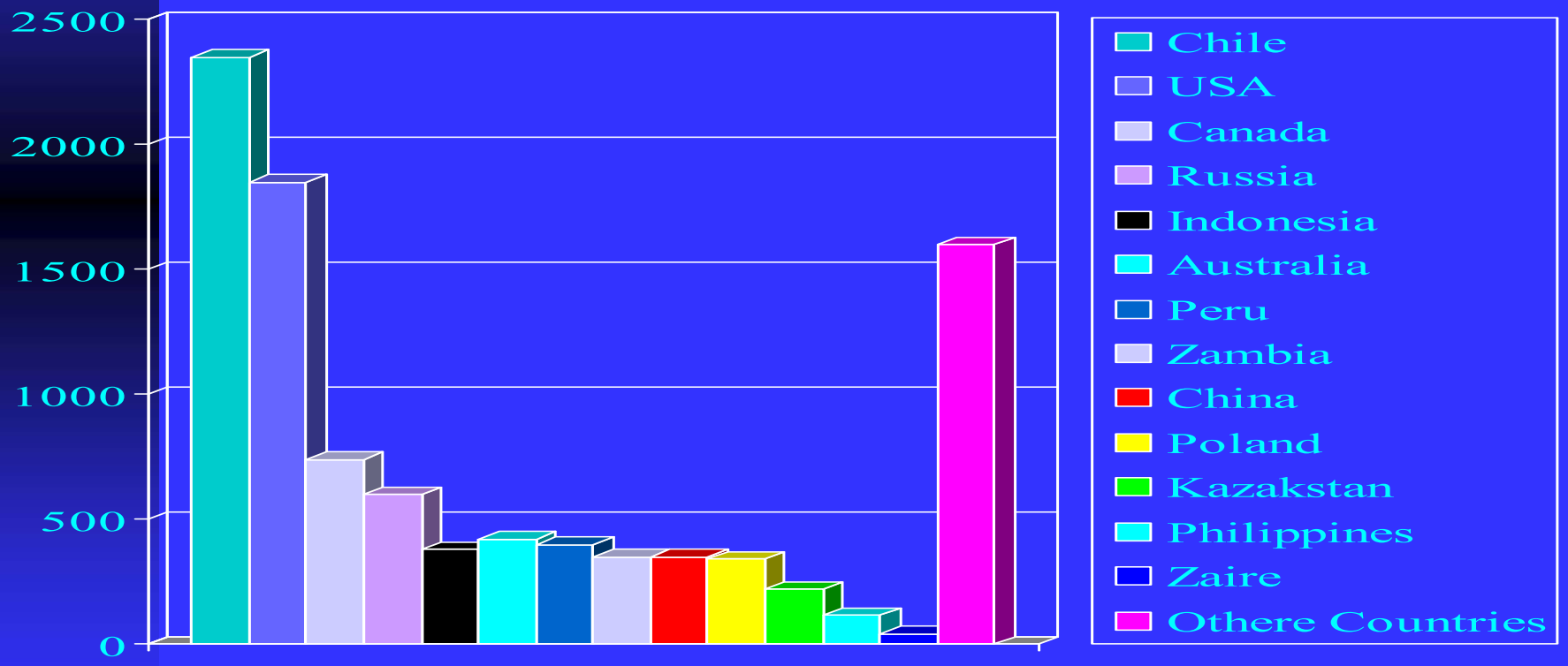
. 7. *Υπεργενούς εμπλουτισμού*

Το 80% του πορφυριτικού χαλκού με επιφανειακή εκμετάλλευση, εξάγεται:

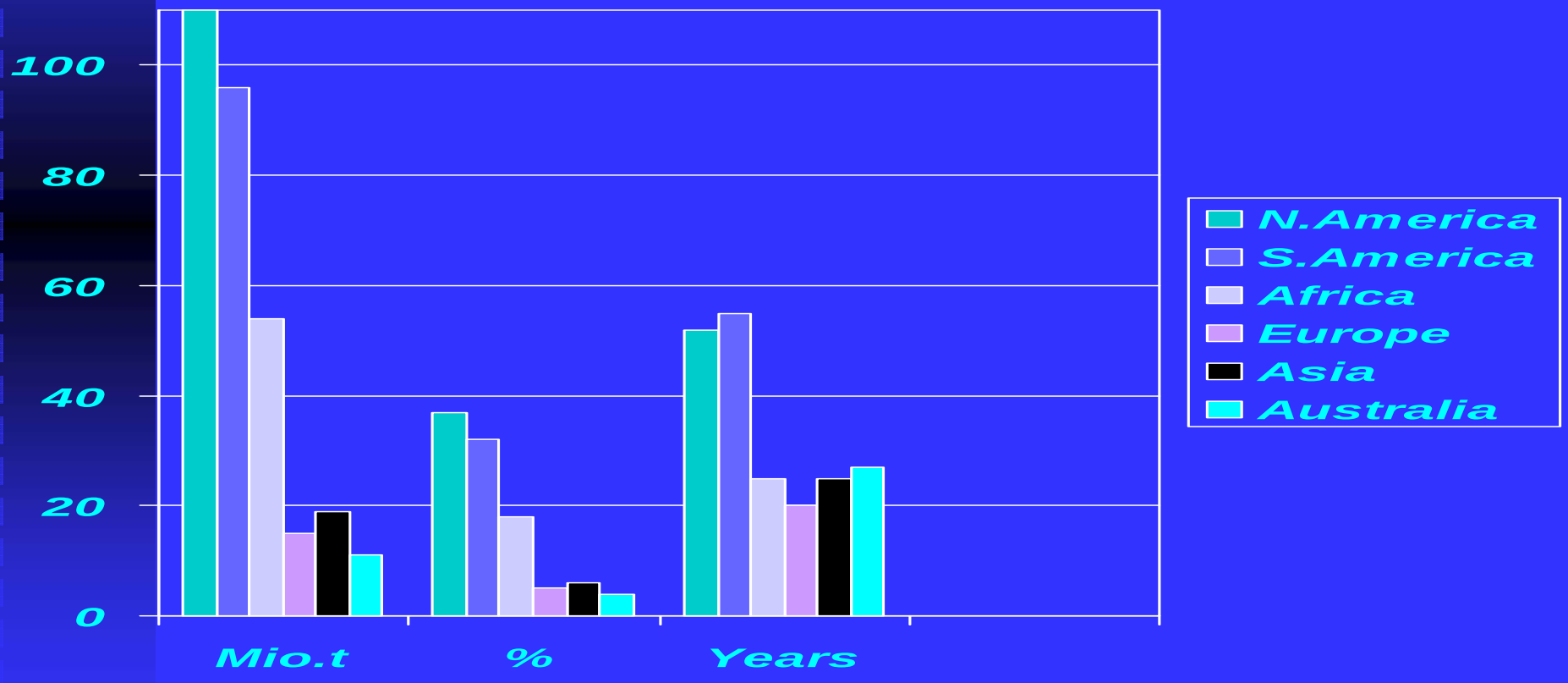
- **Ζώνη Κορδιλλιέρας - Άνδεων (ΗΠΑ – Χιλή –Περού)**
- **Ευρασιατική Ζώνη (Σερβία-Βουλγαρία-Ελλάδα-Μ. Ασία-Καύκασος-Ιράν)**
- **Άπω Ανατολή: (Ν. Γουινέα – Φιλιππίνες – κλπ.)**

Where is Copper Mined ?

World Copper Production (1000 t)



Copper World Resources and Reserve Life



Μεγάλα Κοιτάσματα στον Κόσμο

- **Bingham, Utah (USA)**

- Σύνδεση με γρανίτη-γρανιτικό πορφύρη
- Μεταλλοφόρα ζώνη 2500 μ Χ 1700 μ.Χ 1000 μ.
- 50% της παγκόσμιας παραγωγής χαλκού
- 80% του πορφυριτικού χαλκού με επιφανειακή εκμετάλλευση

- Περιεκτικότητα 0.65% Cu
- Παρουσία Μολυβδαινίτη, 1/3 παραγωγής Mo

- Εκμετάλλευση > 10 Mt Cu
- Ζώνες Cu-Zn-Pb-(Ag) στους γειτονικούς ασβεστόλιθους

ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΧΑΛΚΟΥ

1. ***Υστερομαγματικά Cu-Ni***
   (π.χ. Sudbury, Merensky Reef, Manitoba, Minnesota, Norilsk)
   4% της παγκόσμιας παραγωγής χαλκού,κύριο συστατικό εκμετάλλευσης νικέλιο

2. ***Μετασωμάτωσης, επαφής***
   π.χ. Bingham και Utah (Η.Π.Α.), Ουράλια

3. ***Υδροθερμικά από πλήρωση κενών χώρων***
   π.χ. Butte-Montana, Lake Superior, Michigan, Bisbee, Arizona (Η.Π.Α.), Braden (Χιλή)

4. ***Υδροθερμικά αντικατάστασης – Πορφυριτικού χαλκού***
   π.χ. Bingham (Η.Π.Α.), Rio Tinto (Ισπανία), El Salvador (Χιλή)

Μεγάλα Κοιτάσματα στον Κόσμο

- **Butte, Montana (USA)**

- Σύνδεση με γρανοδιορίτη (Boulder) που διαπερνά ανδεσίτες
- Πλήρωση ρηγμάτων η διαρρήξεων
- Μικρές χαλαζιακές φλέβες με Χαλκοπυρίτη. Στα βαθύτερα Μολυβδαίνιο (Πορφυριτικού τύπου)
- Κύρια Μεταλλοφορία:Μεγάλες φλέβες (Anaconda –A & Blue veins – BΔ)
- **Anaconda**
- Έκταση 3500 X 40 X 2000μ
- Χαρακτηριστική ζώνωση μεταλλοφορίας εντός των ζωνών
- Μεταλλοφορία κυρίως: Σιδηροπυρίτη, Χαλκοπυρίτη, Χαλκοσίνη
- Ανακίνηση μεταλλοφορίας από υδροθερμικά ρευστά νεώτερης διείσδυσης

Μεγάλα Κοιτάσματα στον Κόσμο

- Chuquicamata (Χιλή)
- Εντοπίζεται σε μεταλλοφόρο ζώνη μήκους 14 χμ.
- Μεγαλύτερη επιφανειακή εκμετάλλευση στον κόσμο 2 Χ 3 χμ και 810 μ βάθος
- Σύνδεση με χαλαζιακό μονζονιτικό πορφύρη
- Πρωτογενής μεταλλοφορία σε μικροδιαρρήξεις
- Μεταλλοφορία: Py, Enar, cpy, Sph, Bor, Mo, tetr.
- Δευτερογενής διαφορισμός βάθους
- Τελευταία 85 χρόνια εξορύχτηκαν 1.5 Gt με 1,5% Cu και 0,07% Mo.
- Αποθέματα 1.3 Gt Cu me 0,6 – 0.7% Cu
- Περιέχει τμήμα με 500 Mt με 1% Cu. Θα εξορυχτεί με υπόγειες εργασίες σε βάθος 1100μ
- Παραγωγή 160.000 t ημερησίως με 1,1 – 1,2% Cu και 200- 300 g/t Mo

Τύποι Κοιτασμάτων Χαλκού στην Ελλάδα

- Ηφαιστειοϊζηματογενή (Cpy, Py). Ερμιόνη Αργολίδος
- Πορφυριτικού Cu - (Mo). Σκουριές Χαλκιδικής
- Συνδεδεμένα με ηφαιστειακή δράση (Επιθερμικά). Πεύκα Αλεξανδρούπολης
- Επαφής (Skarn). Κιμμέρια Ξάνθης
- Χαλαζιακές φλέβες. Ασκός Ν.Θεσσαλονίκης

Κοιτάσματα Χαλκού στην Ελλάδα

Κοίτασμα Ερμιόνης (Αργολίδα)

Ηφαιστειοϊζηματογενές τύπου Cu-FeS_2

Συνδέεται με διαβασικά πετρώματα και τους υπερκείμενους σχιστολίθους

Λειτούργησε ως μεταλλείο στο διάστημα 1928-1978

Ετήσια παραγωγή 50.000 τον. μετάλλευμα (2.5-3% Cu)

Περιεκτικότητα σήμερα 0.7 – 2.5% Cu

Κοίτασμα Αγ. Θεοδώρων στην Φθιώτιδα

Ηφαιστειοϊζηματογενές τύπου Cu-FeS_2

Συνολική παραγωγή 25.000 τον.

Περιεκτικότητα 5% Cu

α) Περιβόλι Γρεβενών (py, cpy, Bor, cc)

β) Τρίλοφος Βεροίας (po, cpy, py, sph) έως – 5% Cu

γ) Σκύρος

δ) Λαγκάδι Νιγρίτας (Po, Cpy, Py , Mt, Sph)

Κοιτάσματα Χαλκού στην Ελλάδα

Σκουριές Χαλκιδικής

Τύπου πορφυριτικού χαλκού
Εντός γρανιτικού πορφύρη (140 Χ 120 μ.)
Αποθέματα 80 εκ. τον.
Περιεκτικότητα 0.43% Cu, 3-5 γρ./τον. Au
Cpy, Por, Py, Mt, CC, Cov, Mal, Azu).

α) Περιοχές Κιλκίς (Παλατιανό)
β) Περιοχές Φισώκας, Άσπρα Χώματα
γ) Μαρώνεια (Θράκη)

Κοιτάσματα Χαλκού στην Ελλάδα

Κοιτάσματα που συνδέονται με ηφαιστειακή δράση

α) Περιοχή Κροκεών Λακωνίας

Εντός ανδεσιτών του Περμίου (κροκεάτης λίθος)
Μικροφλεβίδια και διασπορές
Bor, cpy, cc, ± po, Mt, Ht

β) Πεύκα Αλεξανδρουπόλεως

Εντός ανδεσιτών και τόφφων του Τριτογενούς
Πλήρωση κατακόρυφων ρηγμάτων
Py, cpy, Enarg, Luz, tetr, Apy, Ga, sph, Au, Ag.
Παραγωγή 3.000 τον. με 6-7% Cu

Κοιτάσματα Χαλκού στην Ελλάδα

Κοιτάσματα επαφής

α) **Κιμμέρια Ξάνθης**
(Mt, cpy, py, po, sph, Ga, Au)

β) **Βαθύλακκος Χαλκιδικής**
(Mt, cpy, py)

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ-ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΧΑΛΚΟΥ

- Η εξόρυξη του μεταλλεύματος χαλκού γίνεται σε ποσοστό πάνω από 55% επιφανειακά (ΗΠΑ = 85%, Ζαΐρ = 80%, Ρωσία 75%)

- Υπόγεια Εκμετάλλευση El Tiente (Χιλή), Cobriza (Peru) και Camota (Ζαΐρ)

- 1900 όριο εκμεταλλευσημότητας 5% Cu
  1970 >> 1,1% Cu
  Σήμερα >> 0,5% Cu
  Μεγάλα Κοιτάσματα >> 0,3 – 0,4% Cu

- Εκμετάλλευση φτωχού σε χαλκό μεταλλεύματος οξειδίων γίνεται με τη μέθοδο Τεχνικού Εμπλουτισμού (Leaching) η οποία αποτελεί προστάδιο της Υγρής Μεταλλουργίας

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ-ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΧΑΛΚΟΥ

- Ο εμπλουτισμός βασίζεται στη διαλυτοποίηση και εξαγωγή του χαλκού από το μετάλλευμα συνήθως με τη χρήση οξέων (πχ. αραιού H_2SO_4)
- Ο εμπλουτισμός μεταλλεύματος σουλφιδίων του χαλκού γίνεται συνήθως με τη μέθοδο της Εκλεκτικής Επίπλευσης (Flotation)
- Το συμπύκνωμα περιέχει συνήθως 25 – 30% Χαλκό.
  1 τόνος συμπυκνώματος = σε 36 τόνους μεταλλεύμα
- Στο στάδιο της χύτευσης παίρνουμε από ένα εμπλούτισμα περιεκτικότητας 20 – 60% Cu, ακατέργαστο χαλκό 97 – 99%
- Μετάλλευμα που προήλθε από τεχνικό εμπλουτισμό επεξεργάζεται στη συνέχεια με ηλεκτρόλυση, ενώ αυτό από σουλφίδια με τήξη

ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ

- **Όριο εκμεταλλευσιμότητας**
  (0,4% - 4% Cu)
  Πορφυριτικού τύπου – μικρά φλεβικά

- **Ποιότητα συμπικνώματος**
  > 11% Cu

- **Πώληση: κυρίως ως μέταλλο**

- **Στοιχεία προς ανάλυση:**
  As, Pb, Zn, Si, Fe, Ag, Au, Hg, Mo, Sb, Bi

- **Στοιχεία που ανεβάζουν την αξία:**
  Au, Ag, Mo

- **Στοιχεία που κατεβάζουν την αξία:**
  As <2%, Bi <0,5%, Sb <1%, Zn <10%

ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΧΑΛΚΟΥ

Ο χαλκός είναι ελατός, όλκιμος και καλός αγωγός του ηλεκτρισμού και της θερμότητας. Λόγω των ιδιοτήτων του αυτών ο χαλκός κατέχει εξέχουσα θέση ως υλικό στην ηλεκτροτεχνική και την κατασκευή αγωγών. Με τη μορφή κραμάτων ο χαλκός αποκτά υψηλή σκληρότητα και συνοχή.

Λόγω της μεγάλης ζήτησής του στον τομέα της ηλεκτροβιομηχανίας χρησιμοποιείται κυρίως καθαρός και σε μικρότερο ποσοστό υπό μορφή κραμάτων.

Τα προϊόντα χαλκού έχουν πολλαπλές χρήσεις.

Προϊόντα καθαρού χαλκού.

***Προϊόντα πρώτου βαθμού επεξεργασίας*:**

Για την παραγωγή:

Ημικατεργασμένων προϊόντων χαλκού (ελάσματα, σύρμα, καλώδια, πλάκες, ράβδους, σωλήνες, κλπ.) έως 90%.

Ημικατεργασμένα προϊόντα ορύχαλκου έως 30%.

Προϊόντα χύτευσης (χυτοχαλκός) έως 10%.

Άλατα χαλκού.

Κοκκοποιημένα προϊόντα χαλκού (σκόνη χαλκού).

ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΧΑΛΚΟΥ

Προϊόντα – χρήσεις σύμφωνα με τις ομάδες αγοραστών:

- **57% Ηλεκτροβιομηχανία.**
- **15% κατασκευή μηχανών.**
- **9% κατασκευές και μηχανήματα.**

Ηλεκτροβιομηχανία:

- **70% Αγωγούς (Δίκτυο υψηλής τάσης, τηλεπικοινωνίας).**
- **14% Διακόπτες.**
- **7% Μετασχηματιστές.**
- **7% Ηλεκτροκινητήρες και γεννήτριες.**
- **3% Λοιπά.**

ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΧΑΛΚΟΥ

Κράματα

Ορείχαλκος: κράμα κυρίως χαλκού (55 – 95%) – ψευδαργύρου.
Μπρούντζος: κράμα κυρίως χαλκού – κασσιτέρου.
90% Cu, ≈ 10% Sn, 2% Zn, έως 10% Pb
Κράματα Νικελίου – χαλκού (Νομίσματα, οικιακά σκεύη, κλπ.).
Κράματα χαλκού – αλουμινίου – χάλυβα (προϊόντα ανθεκτικά στη διάβρωση).
Ειδικά κράματα: As, Sb, Cd, Cr, Co, Fe, Mg, Mn, Si.

Αντικατάσταση χαλκού από άλλα υλικά:

Αλουμίνιο (καλός αγωγός)
Ανοξείδωτος χάλυβας (υλικό επένδυσης)
Πλαστικά (σωληνώσεις), Γυαλί

ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΤΆ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

- Ένα από τα σημαντικότερα μεταλλευτικά κέντρα αποτελεί η χερσόνησος του Σινά (Timna).
- Εεκμετάλλευση χαλκού από την 4η χιλιετία π.Χ.(κυπρίτης, χαλκοσίνης, κοβελίνης, μαλαχίτης, αζουρίτης, ατακαμίτης, χρυσόκολλα).
- Τα κοιτάσματα χαλκού της Κύπρου εκμεταλλεύτηκαν από την 3η χιλιετία π.Χ.
- Η Κύπρος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κέντρα Χαλκού της Μεσογείου και Μ. Ανατολής.
- Μεγάλο κοίτασμα χαλκού είναι από την 4η χιλιετία π.Χ. επίσης το Ρίο Τίντο στην Ισπανία.

ΑΠΟΛΗΨΗ ΧΑΛΚΟΥ

- Στην αρχαιότητα γινόταν κυρίως από οξείδια χαλκού με αναγωγή.
- Τα ορυκτά μαλαχίτης, αζουρίτης, χρυσόκολλα αναμειγνύονταν με ξυλοκάρβουνο και θερμαίνονταν στους 800°C.
- Σχηματίζεται έτσι μεταλλικό χαλκός , ο οποίος αποχωρίζεται από τις ακαθαρσίες (προσμίξεις) με σφυρηλάτηση.
- Για την τήξη του χαλκού απαιτούνται θερμοκρασίες 1083°C οι οποίες δεν ήταν δυνατόν να επιτευχθούν από τους αρχαίους με την τεχνική που διέθεταν.

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΕΙΑ ΣΤΗ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟ ΤΟΥ ΣΙΝΑ

- Αρχαιολογικά ευρήματα αποδεικνύουν μεταλλουργία χαλκού από την 4η χιλιετία π.Χ.
- Το μετάλλευμα μετά από κοπάνισμα αναμειγνύονταν με σκόνη από ξυλοκάρβουνο.
- Η κάμινος προσανατολισμένη προς την πλευρά που φυσούσε ο αέρας.
- Για να κρατηθεί χαμηλή η θερμοκρασία τήξης γινόταν προσθήκη σιλιπάσματος (ενώσεις σιδήρου, SiO_2 και ασβεστίτη).
- Ο μεταλλικός χαλκός αποχωρίζεται από τη σκωρία με σπάσιμο.
- Την Αιγυπτιακή εποχή έχουμε εξέλιξη της τεχνικής με τη χρήση φυσερών για την εισαγωγή περισσότερου αέρα και οι κάμινοι έχουν

ΚΡΑΜΑΤΑ ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

- Αναλύσεις αρχαίων αντικειμένων δείχνουν ότι αρχικά ο χαλκός ήταν καθαρός ή περιείχε προσμίξεις άλλων στοιχείων σε ορισμένες περιπτώσεις σε υψηλό ποσοστό.
- Η χρήση του χαλκού ως μέταλλο άρχισε στην ανατολή ήδη από την 8η χιλιετία π.Χ.
- Μεταξύ 8ης και 5ης χιλιετίας π.Χ. ο χαλκός μορφοποιείται με τη χρήση ψυχρής σφυρηλάτησης.
- Από την 5η χιλιετία π.Χ. αρχίζει η παραγωγή χαλκού και με τη μέθοδο χύτευσης.
- Μεταξύ 5ης και 4ης χιλιετίας π.Χ. έχουμε στον Ελλαδικό χώρο χάλκινα αντικείμενα και μεταλλουργικές σκωρίες.

ΚΡΑΜΑΤΑ ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

- Για κράματα χαλκού με As, Sb και Ni έχει αποδειχθεί ότι αυτά ήταν τυχαία και έχουν σύσταση ανάλογη με τον τύπο μεταλλεύματος από τον οποίο προέρχονταν.

- Ο μπρούντζος εμφανίζεται πολύ αργότερα και είναι κράμα που παρασκευάστηκε εν γνώσει των αρχαίων. Μεταλλεύματα χαλκού και κασσιτέρου εντοπίζονται πολύ σπάνια στην ίδια παραγένεση.

- Η παραγωγή μπρούντζου γινόταν αρχικά με την τήξη μεταλλεύματος χαλκού και κασσιτέρου. Αργότερα με την τήξη μεταλλικού χαλκού και κασσιτερίτη.

- Οι περιεκτικότητες του μπρούντζου σε κασσίτερο κυμαίνονται μεταξύ 5 και 25% κατά μέσο όρο 10%.

- Οι ιδιότητες του μπρούντζου εξαρτώνται από την περιεκτικότητά του σε κασσίτερο.

ΚΡΑΜΑΤΑ ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

- Με αυξημένη περιεκτικότητα σε κασσίτερο το κράμα γίνεται σκληρότερο και κατά συνέπεια δυσκολότερο στη σφυρηλάτηση.
- Στο κράμα του μπρούντζου (2 – 10% Sn) προστίθεται αργότερα και μόλυβδος (1 – 35%).
- Ο μολυβδούχος μπρούντζος έχει όμοιες ιδιότητες με τον καθαρό μπρούντζο. Είναι όμως φθηνότερος λόγω μεγάλων αποθεμάτων μολύβδου και καλύτερος στις εργασίες χύτευσης.
- Μετά την προσθήκη κασσίτερου και μολύβδου, ακολουθεί και η προσθήκη του ψευδάργυρου στο κράμα. Ο ψευδάργυρος δίνει στο κράμα ένα χρυσοκίτρινο χρώμα, το οποίο εκτιμάται ιδιαίτερα.

ΚΡΑΜΑΤΑ ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

- Οι ιδιότητες όμως του ψευδαργυρούχου μπρούντζου είναι διαφορετικές από αυτές του καθαρού μπρούντζου και για το λόγο αυτό ονομάστηκε ορείχαλκος.
- Ο ψευδάργυρος ως μέταλλο δεν ήταν γνωστός στην αρχαιότητα. Για την παρασκευή ορείχαλκου χρησιμοποιούν οι αρχαίοι κατά την τήξη καλαμίνα.
- Οι περιεκτικότητες του ορείχαλκου σε ψευδάργυρο δεν ανέρχονται πάνω από 30%. Επειδή κατά τη διάρκεια της τήξης ένα μεγάλο ποσοστό του εξατμίζεται.
- Μετά την ανακάλυψη του καθαρού ορείχαλκου εμφανίζονται στην αρχαιότητα και κράματα μολυβδούχου ορείχαλκου (Cu-Sn-Pb-Zn), τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως στη μοντέρνα μεταλλοτεχνική.